

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный институт

институт

Автомобильных дорог и городских сооружений

кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ В.В. Серватинский

подпись

инициалы, фамилия

«_____» _____ 20 __ г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

08.03.01 «Строительство»

08.03.01.00.15 «Автомобильные дороги и аэродромы»

Проектирование участка автомобильной дороги с учетом прогноза глубины
промерзания насыпи

тема

Руководитель

подпись, дата

доцент, канд.техн.наук

должность, учетная степень

Т.В. Гавриленко

инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата

М.С. Зюзин

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

подпись, дата

Т.А. Федорова

инициалы, фамилия

Красноярск 2016

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ
Кафедра «Автомобильные дороги и городские сооружения»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ В.В. Серватинский
« ____ » _____ 20 ____ г.

ЗАДАНИЕ

НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме _____ бакалаврской работы _____
(бакалаврской работы, дипломного проекта, дипломной работы, магистерской диссертации)

Студенту Зюзину Михаилу Сергеевичу
(фамилия, имя, отчество студента(ки))

Группа ДС12-12 Направление (специальность) 08.03.01
(код)

строительство
(наименование)

Тема выпускной квалификационной работы: Проектирование участка автомобильной дороги с учетом прогноза глубины промерзания насыпи.

Утверждена приказом по университету № 7065/с от 25 мая 2016
Руководитель ВКР Т.В. Гавриленко, доцент кафедры АД и ГС, к.т.н.
(инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы)

Исходные данные для ВКР: Район проектирования, грунтово-геологические условия, интенсивность движения, ежегодный прирост интенсивности, состав транспортного потока

Перечень разделов ВКР: Анализ исходных данных, проектирование трассы, продольный профиль, поперечный профиль, дорожные одежды, экономическая часть.

Перечень графического материала: 1 - План трассы, 2 - Продольный профиль, 3 - Поперечный профиль, 4 - Дорожные одежды, 5 - Промерзание и оттаивание насыпи

Консультанты по разделам:

Руководитель ВКР _____ Т.В. Гавриленко
(подпись) (инициалы и фамилия)
Задание принял к исполнению _____
(подпись) (инициалы и фамилия студента)

« ____ » _____ 20__ г.

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	4
ВВЕДЕНИЕ	6
1 Исходные данные	7
1 Климатическая, географическая и инженерно-геологическая характеристика района строительства	8
1.1 Климатическая характеристика района	8
1.2 Физико-географические условия района строительства	12
1.2.1 Рельеф, геоморфология	12
1.2.2 Растительность, почвы	12
1.2.3 Гидрография и гидрологические условия	12
1.3 Инженерно-геологические условия района проектирования	13
3 Обоснование технических нормативов дороги	14
3.1 Определение категории дороги	14
3.2 Основные технические показатели автомобильной дороги	17
4 Проектирование вариантов трассы	19
4.1 Описание воздушной линии	19
4.2 Описание первого варианта трассы	19
4.3 Описание второго варианта трассы	19
4.4 Сравнение вариантов трассы	20
5 Продольный профиль	22
5.1 Определение отметок земли	22
5.2 Назначение руководящих отметок из условия снегозаносимости	22
5.3 Назначение руководящей отметки из условия сезонного оттаивания	23
5.4 Назначение контрольных точек для проектной линии продольного профиля	27
5.5 Описание проектной линии	28
5.6 Поперечные профили	29
6 Дорожные одежды	30
6.1 Выбор типа и конструкции дорожной одежды	30
6.2 Алгоритм расчета дорожной одежды	31

6.3 Исходные данные и расчетная нагрузка.....	39
6.4 Расчет первого варианта дорожной одежды	40
6.5 Расчет второго варианта дорожной одежды	48
6.6 Сравнение вариантов дорожной одежды	55
7 Решение вопросов водоотвода.....	56
7.1 Система поверхностного водоотвода. Параметры кюветов.....	56
7.2 Назначение водопропускных сооружений	56
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	57
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	58
ПРИЛОЖЕНИЕ А	60
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	61
ПРИЛОЖЕНИЕ В	65

ВВЕДЕНИЕ

В данной выпускной работе требуется спроектировать участок автомобильной дороги IV категории длиной 5 километров в Нижнеилимском районе Иркутской области с учетом глубины промерзания насыпи.

1 Исходные данные

Район проектирования – Нижнеилимский район Иркутской области;

Грунтово-геологические условия – супесь легкая, суглинок легкий;

Исходная интенсивность движения – 592 авт./сут.;

Ежегодный прирост интенсивности – 4,7%;

Состав транспортного потока:

 легковые автомобили – 59%;

 грузовые автомобили с нагрузкой на ось до 2 т – 13%;

 грузовые автомобили с нагрузкой на ось от 2 т до 6 т – 7%;

 грузовые автомобили с нагрузкой на ось от 6 т до 8 т – 11%;

 грузовые автомобили с нагрузкой на ось от 8 т до 14 т – 5%;

 автопоезда до 12 т – 2%

 автопоезда от 12 до 20 т – 2%

 автобусы большой вместимости – 1%.

1 Климатическая, географическая и инженерно-геологическая характеристика района строительства

1.1 Климатическая характеристика района

Климат рассматриваемой территории резко континентальный с холодной продолжительной зимой и коротким относительно жарким летом. В любой сезон года возможны резкие изменения погоды, переход от тепла к холоду, значительные колебания температуры воздуха от месяца к месяцу, от суток к суткам и в течение суток.

Температурный режим района изысканий обусловлен характером атмосферной циркуляции. Существенное влияние на температурный режим оказывает континентальность климата, которая проявляется в резко выраженном различии зимних и летних значений температур воздуха, а также контрастных суточных температурах воздуха [6]. Амплитуда экстремальных значений температуры воздуха составляет 97 °С. Период с отрицательными среднемесячными температурами воздуха продолжается с октября по апрель. В отдельные годы в зависимости от погодных условий возможны значительные отклонения от многолетнего среднего значения не только среди среднемесячных, но и средних годовых температур воздуха.

Таблица 1.1 – Основные климатические характеристики района изысканий

Климатическая характеристика	Значение параметра
Дорожно-климатическая зона согласно СП 34.13330.2012	I
Климатический район согласно СП 131.13330.2012	IV
Абсолютный максимум температуры воздуха	+ 38 °С
Абсолютный минимум температуры воздуха	– 59 °С
Температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,98	– 48 °С
Температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92	– 45 °С
Среднегодовое количество осадков	445 мм
Среднее число дней с твёрдыми осадками за год	71

Окончание таблицы 1.1

Средняя дата образования устойчивого снежного покрова	02.11
Средняя дата схода снежного покрова	30.04
Наибольшая декадная высота снежного покрова (защищенное от ветра место)	58 см
Наибольшая декадная высота снежного покрова обеспеченностью $P = 5\%$	54 см
Преобладающее направление ветра: за декабрь – февраль за июнь – август	В В
Минимальная скорость ветра за июль	-
Максимальная скорость ветра за январь	-
Среднее количество дней с туманом за год	84
Среднее количество дней с метелью	10
Нормативная глубина промерзания для: суглинков и глин супесей и песков песков гравелистых и средней крупности крупнообломочных грунтов	202 см 246 см 263 см 298 см

Январь – самый холодный месяц (его среднемесячная температура воздуха минус 20,6 °С). Абсолютный минимум также наблюдался в январе – минус 59 °С. По суровости температурного режима декабрь и февраль лишь незначительно уступают январю. В зимний период на рассматриваемой территории возможны кратковременные повышения температур воздуха до плюс 9 °С. Однако, оттепели явление редкое.

Таблица 1.2 – Среднемесячная температура воздуха

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Средняя температура воздуха, °С	-25,4	-22,0	-12,6	-1,6	6,3	14,2	17,6	14,2	6,6	-2,0	-14,8	-23,8

Таблица 1.3 – Повторяемость и скорость ветра за январь

Направление	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Повторяемость, %	7	3	21	22	13	8	14	12

Окончание таблицы 1.3

Скорость, м/с	1,4	1,3	1,8	2	1,8	2,2	3,4	2,7
---------------	-----	-----	-----	---	-----	-----	-----	-----

Таблица 1.4 – Повторяемость и скорость ветра за июль

Направление	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Повторяемость, %	14	13	9	6	6	14	16	22
Скорость, м/с	1,9	2	2	1,7	1,8	2	2,8	2,5

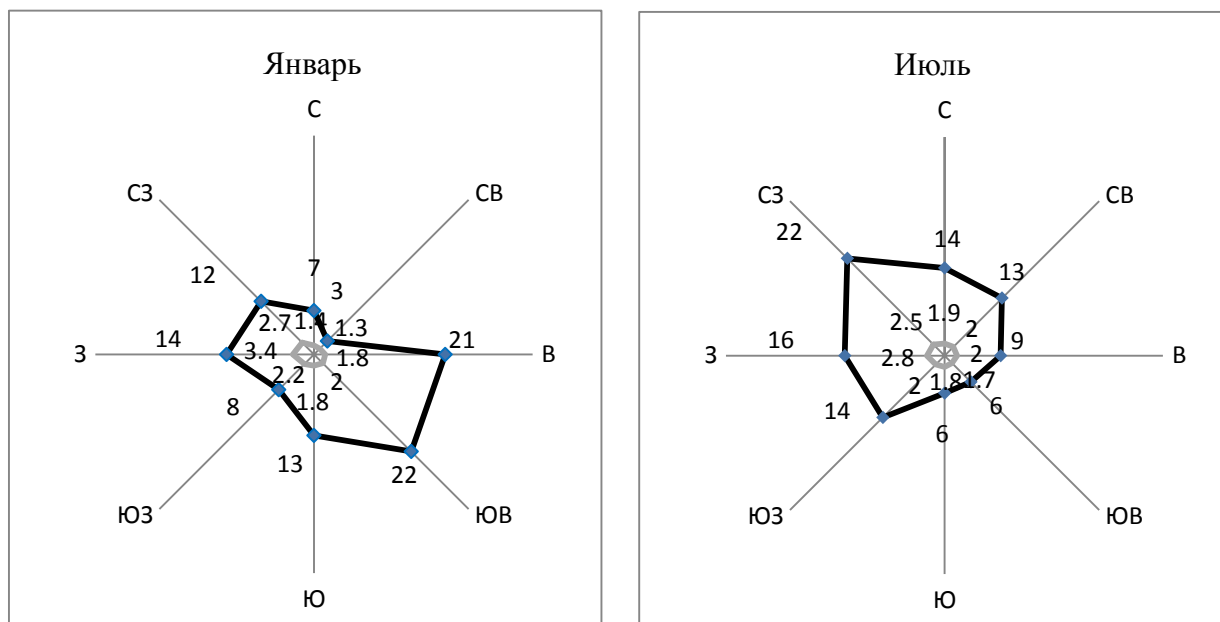


Рисунок 1.1 – Розы ветров за январь и июль; Повторяемость – черным цветом, скорость – серым цветом

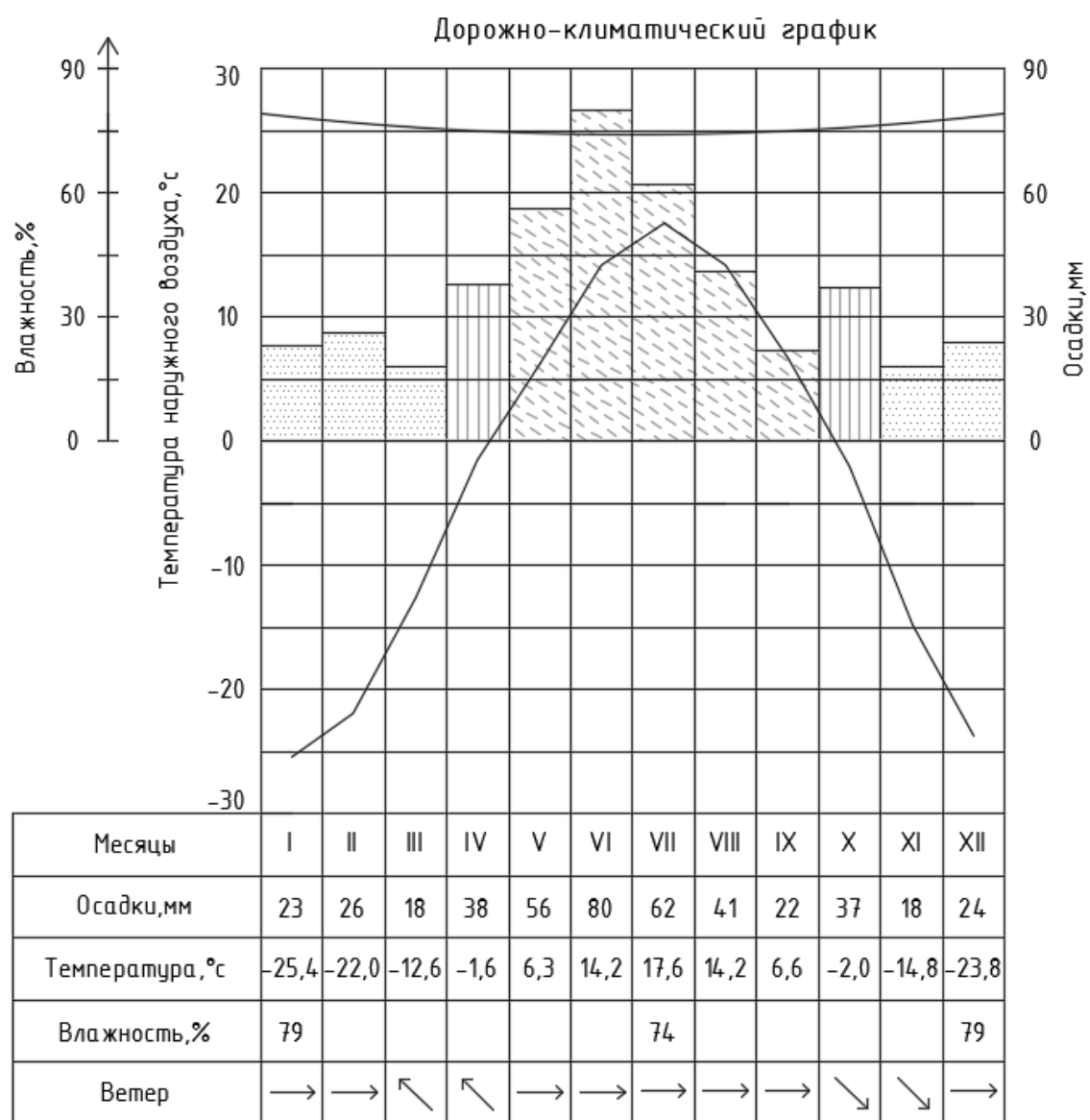
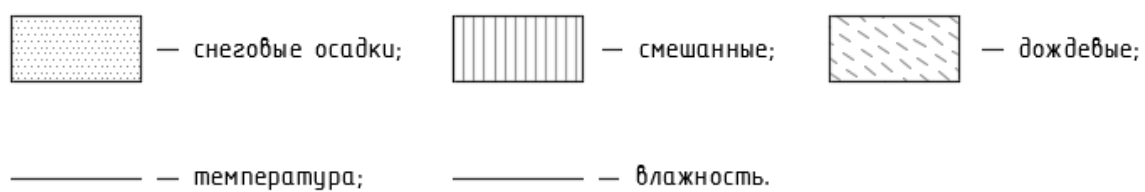


Рисунок 1.2 – Дорожно-климатический график



1.2 Физико-географические условия района строительства

1.2.1 Рельеф, геоморфология

Район проектирования расположен в северной оконечности Лено-Ангарского плато, на высоте 430 м над уровнем моря, в 16 км от правого притока Ангары — реки Илим (отсюда название — Илимский).

Окружен холмистой, покрытой лесом местностью. Абсолютная высота окрестных возвышенностей достигает 610 м над уровнем моря. Перепад высот в пределах города - около 100 м. Одна из гор преграждает въезд в Железногорск-Илимский по железной дороге из Братска, сквозь нее проложен тоннель протяженностью 950 м [8].

1.2.2 Растительность, почвы

В районе проектирования наблюдается чередование сосновых и лиственничных травяных и бруснично-травяных, а также березовых травяных и мохово-травяных с примесью осины лесов с обособленными участками настоящих (типичных) и луговых степей.

Согласно геоботаническому районированию данная территория входит в округ с серыми лесными, дерново-подзолистыми, лугово-черноземными сезонно-мерзлотными почвами, а также выщелоченными черноземами.

1.2.3 Гидрография и гидрологические условия

Проектируемая дорога находится в 16 км к востоку от реки Илим.

Питание реки смешанное снегодождевое — кроме весеннего паводка, имеют место дождевые летние паводки. Среднегодовой расход воды — 100 м³/с. Половодье в апреле — июне (39 % годового стока), летне-осенние паводки.

Ледостав с октября по май, ледоход осенью около 22 дней, весной — 7 (заторы) [9].

Грунтовые воды расположены на глубине 10-15 м.

1.3 Инженерно-геологические условия района проектирования

В геологическом строении проектируемого участка автодороги принимают участие осадочные образования юрской системы, залегающие на кристаллическом фундаменте и отложения четвертичного возраста.

Наиболее неблагоприятными экзогенными процессами в пределах изученной территории связаны с наличием в районе проектирования сезонного оттаивания/промерзания грунтов и морозного пучения и процессами заболачивания.

Глубокое сезонное промерзание обусловлено многими факторами, такими как литологические особенности грунтов, мощность снежного покрова, степень залесенности и многие другие.

Средняя глубина сезонного промерзания принимается 2,8 м.

3 Обоснование технических нормативов дороги

3.1 Определение категории дороги

Категорию дороги устанавливаем по СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги». Она зависит от расчетной интенсивности движения, которая измеряется в приведённых к легковому автомобилю единицах в сутки (прив. ед./сут). Приведение осуществляется с помощью специальных коэффициентов, которые представлены в таблице 3.2 [10].

Таблица 3.1 – Исходная интенсивность движения

Тип транспортного средства	Грузоподъемность, т	%
Легковые автомобили		59
Грузовые автомобили	до 2 включительно	13
	от 2 до 6	7
	от 6 до 8	11
	от 18 до 14	5
Автопоезда	до 12	2
	от 12 до 20	2
Автобусы большой вместительности		1
Сумма, авт./сут.		592

Таблица 3.2 – Коэффициенты приведения интенсивности

Типы транспортных средств	Коэффициент приведения
Легковые автомобили	1,0
Грузовые автомобили грузоподъемностью, т.:	
до 2 включительно	1,3

Окончание таблицы 3.2

от 2 до 6	1,4
от 6 до 8	1,6
от 8 до 14	1,8
Автопоезда грузоподъемностью, т:	
до 12 включительно	1,8
от 12 до 20	2,2
Автобусы большой вместимости	3

Расчетную интенсивность движения принимают суммарно в обоих направлениях на основе данных экономических изысканий. За расчетную принимают среднегодовую суточную приведенную к легковому автомобилю интенсивность движения за последний год перспективного периода. Перспективный период принимают равным 20 годам [10].

В районах, где развитие экономики идет опережающими дорожное строительство темпами, расчет перспективной интенсивности движения проводится по степенной зависимости [10]

$$N = N_{\text{пр. исх}} \left(1 + \frac{p}{100}\right)^t, \quad (3.1)$$

где $N_{\text{пр.исх}}$ – приведенная исходная интенсивность движения, прив.ед./сут.;

p – процент ежегодного прироста интенсивности, %;

t – перспективный период (20 лет).

Сначала определяют исходную интенсивность каждого типа автомобиля по формуле

$$N_i = N_{\text{исх}} \frac{P}{100}, \quad (3.2)$$

где $N_{\text{исх}}$ – исходная интенсивность движения, авт/сут.;

P – процент автомобилей каждого типа.

Далее вычисляем исходную интенсивность движения, измеряемую в приведенных автомобилях по формуле

$$N_{\text{прив}} = N_i \cdot k, \quad (3.3)$$

Где N_i – берется из формулы 3.2;

k – коэффициент приведения для i -го транспортного средства.

Рассчитываем N_i с использованием таблицы 3.1.

$$N_1 = 592 \frac{59}{100} = 349 \text{ авт./сут.},$$

$$N_2 = 592 \frac{13}{100} = 77 \text{ авт./сут.},$$

$$N_3 = 592 \frac{7}{100} = 41 \text{ авт./сут.},$$

$$N_4 = 592 \frac{11}{100} = 65 \text{ авт./сут.},$$

$$N_5 = 592 \frac{5}{100} = 30 \text{ авт./сут.},$$

$$N_6 = 592 \frac{2}{100} = 12 \text{ авт./сут.},$$

$$N_7 = 592 \frac{2}{100} = 12 \text{ авт./сут.},$$

$$N_8 = 592 \frac{1}{100} = 6 \text{ авт./сут.},$$

Рассчитываем $N_{\text{прив}}$ с использованием таблицы 3.2.

$$N_{\text{л прив}} = 349 \cdot 1 = 349 \text{ прив.ед./сут.},$$

$$N_{\text{2т прив}} = 77 \cdot 1,3 = 100 \text{ прив.ед./сут.},$$

$$N_{\text{2-6т прив}} = 41 \cdot 1,4 = 58 \text{ прив.ед./сут.},$$

$$N_{6-8\text{т прив}} = 65 \cdot 1,6 = 104 \text{ прив.ед./сут.},$$

$$N_{8-14\text{т прив}} = 30 \cdot 1,8 = 54 \text{ прив.ед./сут.},$$

$$N_{12\text{т прив}} = 12 \cdot 1,8 = 21 \text{ прив.ед./сут.},$$

$$N_{12-20\text{т прив}} = 12 \cdot 2,2 = 26 \text{ прив.ед./сут.},$$

$$N_{\text{авт прив}} = 6 \cdot 3 = 18 \text{ прив.ед./сут.},$$

$$\begin{aligned} \sum N_{\text{авт прив}} &= 349 + 100 + 58 + 104 + 54 + 21 + 26 + 18 = \\ &= 730 \text{ прив.ед./сут.} \end{aligned}$$

Рассчитываем N используя данные формулы 3.2 и 3.3.

$$N = 730 \cdot \left(1 + \frac{4,7}{100}\right)^{20} = 1829 \text{ прив.ед./сут.}$$

По перспективной интенсивности движения принимаем дорогу IV категории.

3.2 Основные технические показатели автомобильной дороги

Таблица 3.2 – Основные технические показатели автомобильной дороги

Наименование показателя	Единица измерения	Величина показателя	Источник
1 Категория дороги	-	IV	СП34.13330.2012
2 Интенсивность движения	прив. ед./сут	1829	СП34.13330.2012
3 Расчетная скорость движения	км/ч	80	СП34.13330.2012
4 Число полос движения	шт	2	СП34.13330.2012
5 Ширина полосы движения	м	3	СП34.13330.2012
6 Ширина проезжей части	м	6	СП34.13330.2012
7 Ширина обочин	м	2	СП34.13330.2012

Окончание таблицы 3.2

8 Ширина краевой полосы	м	0,5	СП34.13330.2012
9 Ширина укрепленной части обочины	м	1,5	СП34.13330.2012
10 Ширина земляного полотна	м	10	СП34.13330.2012
11 Поперечный уклон проезжей части и краевой полосы при асфальтобетонном покрытии	‰	15	СП34.13330.2012
12 Поперечный уклон обочины за пределами краевой полосы	‰	30	СП34.13330.2012
13 Наименьшие радиусы кривых в плане	м	300	СП34.13330.2012
14 Наибольший продольный уклон	‰	60	СП34.13330.2012
15 Наименьшие радиусы выпуклых кривых в продольном профиле	м	5000	СП34.13330.2012
16 Наименьшие радиусы вогнутых кривых	м	2000	СП34.13330.2012
17 Расчетные расстояния видимости в продольном профиле:	м		СП34.13330.2012
для остановки		150	
для встречного автомобиля		250	
при обгоне		600	

4 Проектирование вариантов трассы

4.1 Описание воздушной линии

Воздушная линия имеет длину 5000 м. Направление проложения юго-западное. Проходит по лесу. Проложение трассы по воздушной линии нецелесообразно, так как она имеет крутые продольные и поперечные уклоны.

4.2 Описание первого варианта трассы

Трасса проложена в юго-западном направлении. Длина трассы 5220 м. Трасса проложена методом тангенсов. Она имеет два угла поворота влево 16° и вправо 56° , радиусы круговых кривых приняты 2000 м. Углы выбраны с целью обеспечения оптимальных продольных и поперечных уклонов. Проходит по лесу с ПК 0+00 до ПК 16+42 и с ПК 17+43 до ПК 52+20. На ПК 36+20 пересечение с временным водотоком. Ведомость углов поворота, прямых и кривых в приложении А.

4.3 Описание второго варианта трассы

Трасса проложена в юго-западном направлении. Длина трассы 5140 м. Трасса проложена методом тангенсов, она имеет один угол поворота влево 30° , радиус круговой кривой принят 2000 м. Угол выбран с целью обхода косогорной местности. Проходит по лесу с ПК 0+00 до ПК 12+14 и с ПК 14+54 до ПК 51+40. На ПК 42+00 пересечение с временным водотоком. Ведомость углов поворота, прямых и кривых в приложении А.

4.4 Сравнение вариантов трассы

Все показатели трасс сводим в таблицу 4.3.1.

Таблица 4.3.1 – Сравнение вариантов трасс

Показатели	Ед. изм.	I-й вариант	II-й вариант	Преимущество	
				I-й вариант	II-й вариант
1 Длина трассы	м	5220	5140	-	+
2 Коэффициент удлинения трассы	-	1,044	1,028	-	+
3 Средняя величина угла поворота	рад/м	2000	2000	=	=
4 Средняя величина закругления	м/рад	0,000241	0,000102	-	+
5 Суммарная протяженность пересекаемых трассой участков:					
лесов	м	5120	4900	-	+
болот	м	-	-	=	=
сельхозугодий	м	-	-	=	=
населенных пунктов	м	-	-	=	=
6 Протяженность участков местности с уклоном по трассе до 30 ‰	м	3620	1400	+	-
7 Протяженность участков местности с уклоном по трассе, превышающим максимально допустимое значение уклона проектной линии $i_{\text{доп}} = 60‰$	м	100	400	+	-
8 Протяженность участков по кособогу с уклоном более 90‰	м	-	200	+	-
9 Число искусственных сооружений на водотоках					
мостов	шт	-	-	=	=
труб	шт	1	1	=	=
10 Число пересечений с автомобильными дорогами	шт	-	-	=	=
11 Число пересечений с железными дорогами	шт	-	-	=	=

По итогам сравнения трасс я выбираю 1 вариант, так как он имеет пологий уклон, меньшую протяженность участков, превышающих максимально допустимое значение уклона проектной линии, и не имеет косогоров. Ведомость углов поворотов, прямых и кривых в приложении В.

5 Продольный профиль

5.1 Определение отметок земли

Для построения продольного профиля требуется определить отметки земли. Определение проводится при помощи инструментов программы Google Earth. Отметки земли по оси трассы приведены в приложении Б.

5.2 Назначение руководящих отметок из условия снегозаносимости

Руководящая отметка определяет обеспечение устойчивости земляного полотна, которая достигается проектированием необходимого возвышения бровки над поверхностью земли или над расчётным уровнем воды, при длительном её стоянии в местах с необеспеченным стоком. Руководящую отметку насыпи устанавливают исходя из почвенно-грунтовых и гидрологических условий [12].

Главными факторами, влияющими на величину руководящей отметки, являются: тип местности по характеру и степени увлажнения поверхностными и грунтовыми водами, дорожно-климатическая зона, толщина снежного покрова, тип грунта, толщина дорожной одежды, категория дороги [12].

В зависимости от типа местности по увлажнению участки трассы делят на три группы:

- 1) сухие места, характеризующиеся хорошо обеспеченным продольным или поперечным водоотводом;
- 2) сырые места, характеризующиеся плоским рельефом с малыми продольными уклонами, не обеспечивающими быстрого стока поверхностных вод;
- 3) мокрые места, характеризующиеся высоким стоянием уровня грунтовых вод.

Руководящая отметка для I типа местности по увлажнению определяется из условия снегонезаносимости дороги.

Условие снегонезаносимости заключается в том, что отметка бровки насыпи должна быть не менее величины h_p , которую определяют по формуле

$$h_p = h_{\text{сн}} + \Delta h, \quad (5.2.1)$$

где $h_{\text{сн}}$ – расчетная толщина снежного покрова 5%-ой обеспеченности;

Δh – возвышение бровки насыпи над уровнем снежного покрова.

Расчет h_p выполняют с использованием таблицы 1.1 и свода правил [11, с. 52] для определения значений $h_{\text{сн}}$ и Δh .

$$h_p = 0,54 + 0,5 = 1,04 \text{ м.}$$

5.3 Назначение руководящей отметки из условия сезонного оттаивания

Так как проектируемая дорога находится в I₃ дорожно-климатической зоне, то предусматриваем предварительное оттаивание и осушение грунтов основания на участках с вечной мерзлотой.

Для этого проведем расчет насыпи на устойчивость. Устойчивость насыпи обеспечивается ее высотой, при которой верхний горизонт вечномерзлых грунтов (ВГВМ) будет сохраняться в критический по балансу тепла год не более раза в 11 лет) на требуемой (допустимой) глубине и осадка насыпи при этом в оттаявшие грунты основания не будет превосходить допустимой величины. [13]

Высоту насыпи рассчитывают по формуле:

$$H = H_K - S_{\text{доп}} \left(\frac{H_K}{H_T \cdot e} + 1 \right) + S_1, \quad (5.1)$$

где H_K – глубина сезонного оттаивания конструкции, включающей земляное полотно и дорожную одежду, м;

$S_{\text{доп}}$ – допустимая осадка, м;

H_T – глубина предварительного оттаивания грунтов основания до возведения земляного полотна, м;

e – относительная осадка грунта основания после его оттаивания под нагрузкой доли единицы;

S_1 – осадка грунтов основания после предварительного оттаивания под действием собственного веса, м.

Для начала определяют глубину сезонного оттаивания каждого слоя по формулам:

1) Для верхнего слоя

$$H_{C1} = H_{C1}^H K_W K_{\Pi}, \quad (5.2)$$

2) Для основания

$$H_{C2} = H_{C2}^H K_W, \quad (5.3)$$

3) Для земляного полотна

$$H_{C3} = H_{C3}^H K_W, \quad (5.4)$$

где H_{C1}^H , H_{C2}^H , H_{C3}^H – нормативная глубина сезонного оттаивания первого, второго и третьего слоев, м;

K_W – поправочный коэффициент на расчетную влажность материала дорожной, одежды и грунта насыпи;

K_{Π} – коэффициент, учитывающий интенсивность оттаивания материала дорожной одежды.

Затем определяют глубину сезонного оттаивания конструкции насыпи методом эквивалентных слоёв по формуле

$$H_K = H_{C3} + h_1 \left(1 - \frac{H_{C3}}{H_{C1}}\right) + h_2 \left(1 - \frac{H_{C3}}{H_{C2}}\right), \quad (5.5)$$

где H_{C1} , H_{C2} , H_{C3} – то же, что в формулах (5.2, 5.3, 5.4);

h_1 , h_2 – толщина верхнего и второго слоев, м.

Осадку грунтов основания после предварительного оттаивания под действием собственного веса определяют по формуле

$$S_1 = A_0 H_T + a_0 \frac{\gamma_T H_T^2}{2}, \quad (5.6)$$

где A_0 – коэффициент оттаивания грунтов;

a_0 – коэффициент уплотнения грунтов основания, $\text{см}^2/\text{кгс}$;

γ_T – плотность талого грунта, $\text{кг}/\text{см}^3$;

H_T – то же, что и в формуле (5.1).

Выполняем расчет H_{C1} , H_{C2} , H_{C3} с использованием таблиц и рисунков [13, прил. 1] для определения H_{C1}^H , H_{C2}^H , H_{C3}^H , K_w , K_{Π} .

$$H_{C1} = 3,2 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 4,576 \text{ м},$$

$$H_{C2} = 3,2 \cdot 1,0 = 3,2 \text{ м},$$

$$H_{C3} = 3,2 \cdot 0,90 = 2,88 \text{ м}.$$

Определяем глубину предварительного оттаивания грунта основания до возведения земляного полотна с использованием [13, прил. 1] для определения H^H, K_W .

$$H_T = 3,2 \cdot 0,90 = 2,88 \text{ м.}$$

Определяем глубину сезонного оттаивания конструкции Н.

$$H_K = 2,88 + 0,12 \left(1 - \frac{2,88}{4,576} \right) + 0,5 \left(1 - \frac{2,88}{3,2} \right) = 2,97 \text{ м.}$$

Производим расчет высоты насыпи для супеси легкой.

Рассчитываем S_1 с использованием таблиц и рисунков [13, прил. 1] для определения A_0, a_0, γ_T .

$$S_1 = 0,04 \cdot 2,88 + 0,007 \frac{2,69 \cdot 2,88^2}{2} = 0,42 \text{ м,}$$

Рассчитываем высоту насыпи Н с использованием рисунков [13, прил. 1] для определения e .

$$H = 2,97 - 0,06 \left(\frac{2,97}{2,88 \cdot 0,05} + 1 \right) + 0,42 = 2,08 \text{ м.}$$

Для 1 типа местности назначаем высоту насыпи $H = 1,04$ м, т.к. на сухих участках земляное полотно проектируем по нормам II дорожно-климатической зоны. Для 2 типа местности предусматривается упрочнение грунтов основания за счет их предпостроечной осадки и осушения при заблаговременном оттаивании, поэтому для 2 типа местности рассчитываем высоту насыпи по

устойчивости при оттаивании и осушении грунтов основания [13]. Высота насыпи для 2 типа местности $H = 2,08$ м.

5.4 Назначение контрольных точек для проектной линии продольного профиля

Далее определим контрольные точки проектной линии. К ним относятся начало и конец трассы; минимальные отметки насыпи над трубами; отметки осей проезжих частей существующих автомобильных дорог на пересечениях в одном уровне с проектируемой дорогой.

Контрольную точку над трубой определяем по формуле

$$H = d + \Delta + \delta + h_{\text{до}}, \quad (5.7)$$

где d – диаметр трубы, м;

Δ – толщина засыпки над трубой, м;

δ – толщина стенки трубы, м;

$h_{\text{до}}$ – толщина дорожной одежды.

Выполняем расчет H

$$H = 2 + 0,5 + 0,16 + 0,62 = 3,28 \text{ м.}$$

Заполняем ведомость контрольных точек.

Таблица 5.4.1 – Ведомость контрольных точек

Наименование точки	ПК	+	Отметка, м
Начало трассы	0	00	602,04
Труба	46	30	537,52
Конец трассы	52	20	579,96

5.5 Описание проектной линии

Проектная линия построена методом тангенсов по обертывающей. Продольные уклоны не превышают максимально допустимых для данной категории 60‰. На всем протяжении видимость обеспечена. Радиусы выпуклых кривых составляют:

1) $R = 10000 \text{ м}$

ПК 0+70 – ПК 3+80

ПК 29+45 – ПК 32+55

2) $R = 4000 \text{ м}$

ПК 3+90 – ПК 5+02

3) $R = 34000 \text{ м}$

ПК 5+47 – ПК 8+53

4) $R = 18000 \text{ м}$

ПК 9+46 – ПК 10+54

5) $R = 8000 \text{ м}$

ПК 13+01 – ПК 14+21

6) $R = 28000 \text{ м}$

ПК 14+47 – ПК 17+55

7) $R = 6000 \text{ м}$

ПК 17+87 – ПК 19+13

ПК 19+41 – ПК 22+59

ПК 27+43 – ПК 28+57

ПК 33+37 – ПК 34+62

ПК 48+70 – ПК 51+94

7) $R = 2000 \text{ м}$

ПК 35+90 – ПК 37+46

8) $R = 23080 \text{ м}$

ПК 38+50 – ПК 41+50

9) $R = 12500$ м

ПК 41+50 – ПК 44+50

10) $R = 5000$ м

ПК 45+40 – ПК 46+60

5.6 Поперечные профили

Для отвода воды с проезжей части принимаем уклон 15‰, уклон обочин 40‰. На проектируемой дороге 2 вида поперечных профилей:

1) Тип 1 – насыпь высотой до 2 метров с кюветами, заложение откосов 1:3.

2) Тип 2 – насыпь высотой до 6 метров с кюветами для дренажа, заложение откосов 1:1,5.

6 Дорожные одежды

6.1 Выбор типа и конструкции дорожной одежды

Для данной автомобильной дороги проектируем дорожную одежду исходя из транспортно-эксплуатационных требований и категории проектируемой дороги, с учетом интенсивности движения и состава автотранспортных средств и требований, предъявляемых к дорожной одежде в отношении прочности, долговечности, морозоустойчивости.

Выбираем нежесткую дорожную одежду облегченного типа с усовершенствованным покрытием.

Таблица 6.1 – Вариант дорожной одежды №1

№	Наименование слоя	Высота слоя h, см	Расчет по упругому прогибу E, МПа	Расчет по условию сдвигоустойчивости E, МПа	Расчет на растяжение при изгибе			
					E, МПа	R ₀ , МПа	a	m
1	Асфальтобетон плотный марки П на БНД 90/130	5	2400	1200	3600	9,5	5,4	5,0
2	Асфальтобетон пористый марки П на БНД 90/130	7	1400	800	2200	7,8	6,3	4
3	Черный щебень	15	600	600	-	-	-	-
4	Супесь обработанная вяжущим	30	280	280	-	-	-	-
5	Супесь легкая W=0,6W _t	-	56	56	-	-	-	-

Таблица 6.2 – Вариант дорожной одежды №2

№	Наименование слоя	Высота слоя h, см	Расчет по упругому прогибу E, МПа	Расчет по условию сдвигоустойчивости E, МПа	Расчет на растяжение при изгибе			
					E, МПа	R ₀ , МПа	a	m
1	Асфальтобетон плотный марки П на БНД 90/130	5	2400	1200	3600	9,3	5,8	4,5
2	Асфальтобетон пористый марки П на БНД 90/130	7	1400	800	2200	7,8	6,3	4
3	Фракционированный щебень методом заклинки	20	450	450	-	-	-	-
4	ЩПС С6	30	240	240	-	-	-	-
5	Супесь легкая W=0,6W _t	-	56	56	-	-	-	-

6.2 Алгоритм расчета дорожной одежды

Расчет проводим в следующей последовательности:

1) Вычисляем суммарное расчетное количество приложений расчетной нагрузки за срок службы.

Для этого определяем величину приведенной интенсивности на последний год срока службы по формуле

$$N_p = f_{\text{пол}} \sum_{m=1}^n N_m S_{\text{тсум}}, \quad (6.1)$$

где $f_{\text{пол}}$ – коэффициент, учитывающий число полос движения и распределение движения по ним;

n – общее число различных марок транспортных средств в составе транспортного потока;

N_m – число проездов в сутки в обоих направлениях транспортных средств m -й марки;

$S_{\text{тсум}}$ – суммарный коэффициент приведения на дорожную одежду транспортного средства m -й марки к расчетной нагрузке.

Суммарное расчетное количество приложений расчетной нагрузки за срок службы рассчитывается по формуле

$$\sum N_p = 0,7 N_p \frac{K_c}{q^{(T_{\text{сл}}-1)}} T_{\text{рдг}} k_n, \quad (6.2)$$

где N_p – величина приведенной интенсивности на последний год срока из формулы (6.1);

K_c – коэффициент суммирования;

q – показатель изменения интенсивности движения данного типа автомобиля по годам;

$T_{\text{рдг}}$ – расчетное число дней в году, соответствующих определенному состоянию деформируемости конструкции;

$T_{\text{сл}}$ – расчетный срок службы;

k_n – коэффициент, учитывающий вероятность отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого.

Коэффициент суммирования определяем по формуле

$$K_c = \frac{q^{T_{\text{сл}}} - 1}{q - 1}, \quad (6.3)$$

где $T_{\text{сл}}$ – то же, что в формуле (6.2);

q – то же, что в формуле (6.2).

2) Определяем минимальный требуемый общий модуль упругости по формуле

$$E_{min} = 98,65 \left(\left(\lg \sum N_p \right) - C \right), \quad (6.4)$$

где $\sum N_p$ – Суммарное расчетное количество приложений расчетной нагрузки за срок службы из формулы (6.2);

C – эмпирический параметр, принимаемый в зависимости от нагрузки на ось.

3) Расчет конструкции по допускаемому упругому прогибу ведется в такой последовательности:

- а) Назначаем модули и предварительно толщины слоев конструкции.
- б) Определяем требуемые модули на поверхности каждого конструктивного слоя по номограмме, выполняя расчет снизу вверх.
- в) Определяем коэффициент прочности по упругому прогибу и сравниваем его с требуемым минимальным коэффициентом.

Коэффициент прочности определяем по формуле

$$K_{пр} = \frac{E_{общ}}{E_{тр}}, \quad (6.5)$$

где $E_{общ}$ – общий расчетный модуль упругости конструкции;

$E_{тр}$ – минимальный требуемый общий модуль упругости конструкции из формулы (6.4).

4) Расчет конструкции по условию сдвигоустойчивости подстилающего грунта и малосвязных конструктивных слоев:

- а) Вычисляем модуль упругости верхнего слоя по формуле

$$E_v = \frac{(\sum_{i=1}^n E_i h_i)}{(\sum_{i=1}^n h_i)}, \quad (6.6)$$

где n – число слоев;

E_i – модуль упругости i -го слоя;

h_i – толщина i -го слоя.

б) Вычисляем действующие активные напряжения сдвига по формуле

$$T = \tau_n p, \quad (6.7)$$

где τ_n – удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки;

p – расчетное давление от колеса на покрытие.

в) Определяем предельное активное напряжение сдвига в грунте рабочего слоя по формуле

$$T_{пр} = c_N k_d + 0,1 g_{ср} z_{оп} tg j_{ст}, \quad (6.8)$$

где c_N – сцепление в грунте земляного полотна;

k_d – коэффициент, учитывающий особенности работы конструкции на границе песчаного слоя с нижним слоем несущего основания;

$z_{оп}$ – глубина расположения поверхностного слоя, проверяемого на сдвигоустойчивость, от верха конструкции;

$g_{ср}$ – средневзвешенный удельный вес конструктивных слоев, расположенных выше проверяемого слоя;

$j_{ст}$ – расчетная величина угла внутреннего трения материала проверяемого при статическом действии нагрузки.

г) Определяем коэффициент прочности и сравниваем его с требуемым минимальным коэффициентом. Коэффициент прочности определяется по формуле

$$K_{пр} = \frac{T_{пр}}{T}, \quad (6.9)$$

где $T_{\text{пр}}$ – предельное активное напряжение сдвига в грунте рабочего слоя по формуле (6.7);

T – действующие активные напряжения сдвига.

5) Расчет конструкции на сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе. Расчет выполняем в следующем порядке:

а) Приводим конструкцию к двухслойной модели, где нижний слой – часть конструкции, расположенная ниже пакета асфальтобетонных слоев.

Модуль упругости нижнего слоя определяем по номограмме, а модуль упругости верхнего слоя определяем по формуле (6.5).

б) Определяем расчетное растягивающее напряжение по формуле

$$\sigma_r = \sigma p k_b, \quad (6.10)$$

где σ – растягивающее напряжение от единичной нагрузки;

k_b – коэффициент, учитывающий особенности напряженного состояния покрытия конструкции под спаренным баллоном;

p – то же, что в формуле (6.6).

в) Вычисляем предельное растягивающее напряжение по формуле

$$R_N = R_0 k_1 k_2 (1 - V_R t), \quad (6.11)$$

где R_0 – нормативное значение предельного сопротивления растяжению при изгибе при расчетной низкой весенней температуре при однократном приложении нагрузки;

k_1 – коэффициент, учитывающий снижение прочности вследствие усталостных явлений при многократном приложении нагрузки;

k_2 – коэффициент, учитывающий снижение прочности во времени от воздействия погодных-климатических факторов;

V_R – коэффициент вариации прочности на растяжение;

t – коэффициент нормативного отклонения.

Коэффициент k_1 определяем по формуле

$$k_1 = \frac{\alpha}{\sqrt[m]{\sum N_p}}, \quad (6.12)$$

где α – коэффициент, учитывающий различие в реальном и лабораторном режимах растяжения повторной нагрузкой;

$\sum N_p$ – то же, что в формуле (6.4);

m – показатель степени, зависящий от свойств материала рассчитываемого монолитного слоя.

г) Определяем коэффициент прочности и сравниваем его с требуемым минимальным коэффициентом. Коэффициент прочности определяется по формуле

$$K_{пр} = \frac{R_N}{\sigma_r}, \quad (6.13)$$

где R_N – предельное растягивающее напряжение по формуле (6.10);

σ_r – расчетное растягивающее напряжение по формуле (6.9).

б) Проверка конструкции на морозоустойчивость. Эта проверка выполняется для определения величины морозного пучения.

Величину морозного пучения определяем по формуле

$$l_{пуч} = l_{пуч\ ср} K_{УГВ} K_{пл} K_{гр} K_{нагр} K_{гл}, \quad (6.14)$$

где $l_{пуч\ ср}$ – величина морозного пучения при осредненных условиях;

$K_{УГВ}$ – коэффициент, учитывающий влияние расчетной глубины залегания уровня грунтовых или длительно стоящих поверхностных вод;

$K_{пл}$ – коэффициент, зависящий от степени уплотнения грунта рабочего слоя;
 $K_{гр}$ – коэффициент, учитывающий влияние гранулометрического состава грунта основания насыпи или выемки;

$K_{нагр}$ – коэффициент, учитывающий влияние нагрузки от собственного веса вышележащей конструкции на грунт в промерзающем слое;

$K_{гл}$ – коэффициент, зависящий от расчетной влажности грунта.

Величина морозного пучения при осредненных условиях определяем по формуле

$$l_{пуч\ ср} = l_{пуч\ ср\ 2,0} (a + b(z_{пр} - c)), \quad (6.15)$$

где $l_{пуч\ ср\ 2,0}$ – величина морозного пучения при $z_{пр} = 2$ м.;

$z_{пр}$ – глубина промерзания дорожной конструкции;

a, b, c – коэффициенты.

Глубину промерзания дорожной конструкции находим в следующем порядке:

1) Определяем термическое сопротивление дорожной одежды по формуле

$$R_{од} = \sum \frac{h_{од}}{\lambda_{од}} + \frac{1}{\alpha}, \quad (6.16)$$

где $h_{од}$ – толщина слоя дорожной одежды;

$\lambda_{од}$ – коэффициент теплопроводности слоя дорожной одежды;

α – коэффициент теплообмена на поверхности дорожной одежды.

Коэффициент теплообмена находим по формуле

$$\alpha = 12\sqrt{V}, \quad (6.17)$$

где V – среднемесячное значение скорости ветра.

2) Определяем количество незамерзшей воды по формуле

$$i_{зм} = \frac{(W_0 - W_{нз})}{1000} \cdot \rho_{ск}, \quad (6.18)$$

где W_0 – влажность грунта перед его промерзанием;

$W_{нз}$ – содержание незамерзшей воды;

$\rho_{ск}$ – плотность скелета грунта.

Содержание незамерзшей воды определяем по формуле

$$W_{нз} = K_{нз} W_p, \quad (6.19)$$

где $K_{нз}$ – коэффициент, зависящий от типа грунта, числа пластичности и температуры мерзлого грунта;

W_p – влажность грунта на границе раскатывания.

3) Определяем минимальную температуру грунта под дорожной одеждой по формуле

$$\theta_{min(o)} = a_{темп} (\theta_{min(o)} / a_{темп}), \quad (6.20)$$

где $a_{темп}$ – средняя отрицательная температура;

$(\theta_{min(o)} / a_{темп})$ – отношение, необходимое для определения минимальной температуры.

4) Определяем глубину промерзания дорожной конструкции по формуле

$$z_{\text{пр}} = 0,86 \cdot a_{\text{пр}} \cdot c \cdot \left[A'_{\text{пр}} \cdot B'_{\text{пр}} + 2,8 \cdot \left(1 - \frac{a_{\text{пон}}}{a_{\text{зап}}} \right) \cdot \right. \\ \left. \cdot (A''_{\text{пр}} \cdot B''_{\text{пр}} - A'_{\text{пр}} \cdot B'_{\text{пр}}) \right] \cdot \lambda_{\text{гр(м)}} + h_{\text{до}}, \quad (6.21)$$

где $a_{\text{пр}}$ – климатический параметр, характеризующий условия промерзания грунта;

c – параметр, входящий в расчет глубины промерзания;

$A'_{\text{пр}}, B'_{\text{пр}}, A''_{\text{пр}}, B''_{\text{пр}}$ – параметры, входящие в расчет глубины промерзания;

$a_{\text{пон}}$ – период понижения температуры воздуха до минимальной;

$a_{\text{зап}}$ – время до прекращения промерзания земляного полотна;

$\lambda_{\text{гр(м)}}$ – коэффициент теплопроводности грунта перед промерзанием.

$h_{\text{до}}$ – толщина дорожной одежды.

Затем сравниваем полученную величину морозного пучения с минимальной для данного типа покрытия.

6.3 Исходные данные и расчетная нагрузка

Исходные данные:

Тип дорожной одежды – облегченный

Заданная надежность – 0,95

Давление в шине $p = 0,60$ Мпа

Диаметр отпечатка шины $D = 39$ см

Статическая нагрузка на ось $Q = 100$ кН

1) Суммарное расчетное количество приложений расчетной нагрузки за срок службы.

Выполним расчет N_p используя данные пункта 3.1 и справочник [14, табл. 3.2, прил. 1] для определения $f_{\text{пол}}$ и $S_{\text{тсум}}$.

$$N_p = 0,55 \cdot (553 \cdot 0 + 122 \cdot 0,005 + 66 \cdot 0,2 + 103 \cdot 0,7 + 47 \cdot 1,25 + 9 \cdot 0,7 + 38 \cdot 1,5) = 114 \text{ авт./сут.}$$

Затем определяем величину K_c используя справочник [14, прил. 6, табл. П6.2] для определения q и $T_{сл.}$

$$K_c = \frac{1,047^{10} - 1}{1,047 - 1} = 12,40.$$

Далее выполняем расчет $\sum N_p$ используя справочник [14, табл. 3.3, прил. 6] для определения $T_{рдг}$ и k_n .

$$\sum N_p = 0,7 \cdot 114 \cdot \frac{12,40}{1,047^{(10-1)}} \cdot 140 \cdot 1,26 = 196425 \text{ ед./сут.}$$

2) Минимальный требуемый общий модуль упругости.

Выполним расчет E_{min} используя справочник [14, п. 3.25] для определения C .

$$E_{min} = 98,65 \left(\left(\lg \sum 196425 \right) - 3,55 \right) = 172 \text{ МПа.}$$

6.4 Расчет первого варианта дорожной одежды

3) Расчет конструкции по допускаемому упругому прогибу.

а) Данные приведены в таблице (6.1)

б) Данные заносим таблицу 6.3

Таблица 6.3 – Расчетные характеристики материалов

№	Наименование слоя	Толщина слоя h, м	h/D	E, МПа	E_{π}/E_b	$E_{об}/E$	$E_{об}$
1	Асфальтобетон плотный марки II на БНД 90/130	0,05	0,13	2400	0,10	0,12	284
2	Асфальтобетон пористый марки III на БНД 90/130	0,07	0,18	1400	0,14	0,17	242
3	Черный щебень	0,15	0,38	600	0,21	0,32	194
4	Супесь обработанная вяжущим	0,3	0,77	280	0,20	0,45	125
5	Супесь легкая $W=0,6W_t$	-	-	56	-	-	56

Расчет ведем послойно, начиная с подстилающего грунта.

1.1) Супесь обработанная вяжущим

$$\frac{E_{\pi}}{E_b} = \frac{E_{гр}}{E_{\pi}} = \frac{49}{240} = 0,20,$$

$$\frac{h_b}{D} = \frac{h_{\pi}}{D} = \frac{0,3}{0,39} = 0,77.$$

По номограмме из справочника [14, рис 3.1] находим $E_{об}/E$.

$$\frac{E_{\pi}^{общ}}{E_{\pi}} = 0,45.$$

С помощью отношения $E_{об}/E$ находим модуль упругости данного слоя.

$$E_{\pi}^{общ} = 0,45 \cdot 240 = 125 \text{ МПа.}$$

1.2) Черный щебень.

$$\frac{E_{\Pi}}{E_{\text{чщ}}} = \frac{125}{600} = 0,21,$$

$$\frac{h_{\text{чщ}}}{D} = \frac{0,15}{0,39} = 0,3,$$

$$\frac{E_{\text{чщ}}^{\text{общ}}}{E_{\text{чщ}}} = 0,32,$$

$$E_{\text{чщ}}^{\text{общ}} = 0,32 \cdot 600 = 194 \text{ МПа.}$$

1.3) Асфальтобетон пористый.

$$\frac{E_{\text{чщ}}}{E_{\text{а/б}}} = \frac{194}{1400} = 0,14,$$

$$\frac{h_{\text{а/б}}}{D} = \frac{0,07}{0,39} = 0,18,$$

$$\frac{E_{\text{а/б}}^{\text{общ}}}{E_{\text{а/б}}} = 0,17,$$

$$E_{\text{а/б}}^{\text{общ}} = 0,17 \cdot 1400 = 242 \text{ МПа.}$$

1.4) Асфальтобетон плотный.

$$\frac{E_{\text{чщ}}}{E_{\text{а/б}}} = \frac{242}{2400} = 0,10,$$

$$\frac{h_{a/б}}{D} = \frac{0,05}{0,39} = 0,13,$$

$$\frac{E_{a/б}^{общ}}{E_{a/б}} = 0,12,$$

$$E_{a/б}^{общ} = 0,12 \cdot 2400 = 284 \text{ МПа.}$$

в) Определяем коэффициент прочности $K_{пр}$.

$$K_{пр} = \frac{284}{172} = 1,65.$$

Требуемый коэффициент прочности дорожной одежды по критерию упругого прогиба определяем по справочнику [14, табл. 3.1]. Принимаем $K_{пр}^{тр} = 1,17$. Выбранная конструкция удовлетворяет условию прочности по допускаемому упругому прогибу.

4) Расчет конструкции по условию сдвигоустойчивости подстилающего грунта и малосвязных конструктивных слоев.

а) Выполняем расчет E_b с использованием таблицы (6.1).

$$E_b = \frac{(1200 \cdot 0,05 + 800 \cdot 0,07 + 600 \cdot 0,15 + 240 \cdot 0,3)}{0,57} = 487,72 \text{ МПа.}$$

б) Действующие активные напряжения сдвига.

Выполняем расчет T , используя справочник [14, рис. 3.2, рис 3.3] для определения τ_n .

$$T = 0,02355 \cdot 0,6 = 0,014 \text{ МПа.}$$

в) Предельное активное напряжение сдвига в грунте рабочего слоя.

Рассчитаем $T_{\text{пр}}$ используя справочник [14, табл. П2.8, п. 3.35, табл. П2.4] для определения $c_N, k_d, j_{\text{ст}}$.

$$T_{\text{пр}} = 0,006 \cdot 1 + 0,1 \cdot 0,0021 \cdot 57 \cdot \text{tg}36^\circ = 0,015 \text{ МПа.}$$

г) Определяем коэффициент прочности $K_{\text{пр}}$.

$$K_{\text{пр}} = \frac{0,015}{0,014} = 1,07.$$

Требуемый коэффициент прочности дорожной одежды по критерию сдвигоустойчивости определяем по справочнику [14, табл. 3.1]. Принимаем $K_{\text{пр}}^{\text{тр}} = 1$. Выбранная конструкция удовлетворяет условию прочности по сдвигоустойчивости.

5) Сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе.

а) Приводим конструкцию к двухслойной модели.

Нижний слой $E_{\text{н}}$.

$$E_{\text{н}} = E_{\text{чщ}}^{\text{общ}} = 194 \text{ МПа.}$$

Верхний слой $E_{\text{в}}$.

$$E_{\text{в}} = \frac{(3600 \cdot 0,05 + 2200 \cdot 0,07)}{0,12} = 2783,33 \text{ МПа.}$$

б) Расчетное растягивающее напряжение.

Вычисляем σ_r используя справочник [14, рис. 3.4, п. 3.40] для определения σ , k_b .

$$\sigma_r = 2,12 \cdot 0,6 \cdot 0,85 = 1,080 \text{ МПа.}$$

в) Предельное растягивающее напряжение.

Сначала вычисляем k_1 используя данные формулы (6.2) и справочник [14, табл. П.3.1] для определения α .

$$k_1 = \frac{6,3}{\sqrt[4]{196425}} = 0,299.$$

Вычисляем R_N используя справочник [14, табл. П.3.1, прил. 4] для определения R_0 , k_2 , V_R , t .

$$R_N = 7,8 \cdot 0,299 \cdot 0,8 \cdot (1 - 0,1 \cdot 1,7) = 1,548 \text{ МПа.}$$

г) Коэффициент прочности $K_{пр}$.

$$K_{пр} = \frac{1,548}{1,080} = 1,43.$$

Требуемый коэффициент прочности дорожной одежды по критерию растягивающего напряжения определяем по справочнику [14, табл. 3.1]. Принимаем $K_{пр}^{тр} = 1$. Выбранная конструкция удовлетворяет условию прочности.

б) Морозоустойчивость.

Вычислим промерзание дорожной конструкции:

1) Рассчитаем α , используя [15, табл. 4] для определения V

$$\alpha = 12\sqrt{1,8} = 16,10 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К.)}$$

Вычислим $R_{\text{од}}$, используя [14, табл. П5.1] для определения $\lambda_{\text{од}}$.

$$R_{\text{од}} = \frac{0,05}{1,4} + \frac{0,07}{1,25} + \frac{0,15}{0,52} + \frac{0,3}{1,45} + \frac{1}{16,10} = 0,65 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт.}$$

2) Вычислим $W_{\text{нз}}$, используя [15, п. 5.3] для определения $K_{\text{нз}}$, W_p .

$$W_{\text{нз}} = 0,25 \cdot 0,1 = 0,025 \text{ \%}.$$

Рассчитаем $i_{\text{зм}}$ без массопереноса, используя [15, п. 5.3] для определения W_0 , $\rho_{\text{ск}}$.

$$i_{\text{зм}} = \frac{(0,1 - 0,025)}{1000} \cdot 1660 = 0,125.$$

Рассчитаем $i_{\text{зм}}$ с учетом массопереноса, используя [15, п. 5.3] для определения W_0 , $\rho_{\text{ск}}$.

$$i_{\text{зм}} = \frac{(0,13 - 0,025)}{1000} \cdot 1660 = 0,174.$$

3) Вычислим $\theta_{\text{min(o)}}$ без массопереноса, используя [15, рис. 7, табл. 8] для определения $(\theta_{\text{min(o)}}/a_{\text{темп}})$, $a_{\text{темп}}$.

$$\theta_{\text{min(o)}} = -15,6 \cdot 0,6 = -9,36 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Вычислим $\theta_{min(o)}$ с учетом массопереноса, используя [15, рис. 7, табл. 8] для определения $(\theta_{min(o)}/a_{темп})$, $a_{темп}$.

$$\theta_{min(o)} = -15,6 \cdot 0,56 = -8,74 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

4) Вычислим $z_{пр}$ без массопереноса, используя [15, прил. 3, табл. 8, рис. 8, рис. 9] для определения $a_{пр}$, c , $A'_{пр}$, $B'_{пр}$, $A''_{пр}$, $B''_{пр}$, $a_{пон}$, $a_{зап}$, $\lambda_{гр(м)}$.

$$z_{пр} = 0,86 \cdot 1,1 \cdot 0,98 \cdot \left[0,62 \cdot 3,5 + 2,8 \cdot \left(1 - \frac{122}{146} \right) \cdot (0,65 \cdot 3,8 - 0,62 \cdot 3,5) \right] \cdot 1,28 + 0,57 = 3,31 \text{ м}.$$

Вычислим $z_{пр}$ с учетом массопереноса, используя [15, прил. 3, табл. 8, рис. 8, рис. 9] для определения $a_{пр}$, c , $A'_{пр}$, $B'_{пр}$, $A''_{пр}$, $B''_{пр}$, $a_{пон}$, $a_{зап}$, $\lambda_{гр(м)}$.

$$z_{пр} = 0,86 \cdot 1,1 \cdot 0,98 \cdot \left[0,59 \cdot 2,8 + 2,8 \cdot \left(1 - \frac{122}{146} \right) \cdot (0,62 \cdot 3,1 - 0,59 \cdot 2,8) \right] \cdot 1,45 + 0,57 = 2,96 \text{ м}.$$

Вычислим $l_{пуч\ ср}$ используя справочник [14, п. 4.6, рис. 4.3] для определения a , b , c , $l_{пуч\ ср\ 2,0}$.

$$l_{пуч\ ср} = 0,06 \cdot (1,08 + 0,08(3,31 - 2,5)) = 0,07 \text{ м}.$$

Рассчитаем $l_{пуч}$ используя справочник [14, рис. 4.1, табл. 4.4, табл. 4.5, табл. 4.6, рис 4.2] для определения $K_{УГВ}$, $K_{пл}$, $K_{гр}$, $K_{нагр}$, $K_{гл}$.

$$l_{пуч} = 7 \cdot 0,43 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 2,65 \text{ см}.$$

Допустимая величина пучения для облегченных асфальтобетонных покрытий 6 см. Значит дорожная одежда удовлетворяет требованиям морозоустойчивости.

6.5 Расчет второго варианта дорожной одежды

- 1) То же, что в расчете дорожной одежды №1.
- 2) То же, что в расчете дорожной одежды №1.
- 3) Расчет конструкции по допускаемому упругому прогибу.
 - а) Данные приведены в таблице (6.2)
 - б) Данные заносим таблицу 6.3

Таблица 7.4 – Расчетные характеристики материалов

№	Наименование слоя	Толщина слоя h, м	h/Д	Е, МПа	E_n/E_v	$E_{об}/E$	$E_{об}$
1	Асфальтобетон плотный марки II на БНД 90/130	0,05	0,13	2400	0,10	0,12	282
2	Асфальтобетон пористый марки III на БНД 90/130	0,07	0,18	1400	0,14	0,17	241
3	Фракционированный щебень методом заклинки	0,20	0,51	450	0,26	0,43	194
4	ЩПС С6	0,30	0,77	240	0,23	0,48	116
5	Супесь легкая $W=0,6W_t$	-	-	56	-	-	56

Расчет ведем послойно, начиная с подстилающего грунта.

1.1) Щебеночно-песчаная смесь С6.

$$\frac{E_n}{E_v} = \frac{E_{гр}}{E_{щпс}} = \frac{56}{240} = 0,23,$$

$$\frac{h_{\text{в}}}{D} = \frac{h_{\text{щпс}}}{D} = \frac{0,3}{0,39} = 0,77,$$

$$\frac{E_{\text{щпс}}^{\text{общ}}}{E_{\text{щпс}}} = 0,48,$$

$$E_{\text{щпс}}^{\text{общ}} = 0,48 \cdot 240 = 116 \text{ МПа.}$$

1.2) Фракционированный щебень методом заклинки.

$$\frac{E_{\text{щпс}}}{E_{\text{щ}}} = \frac{118}{450} = 0,26,$$

$$\frac{h_{\text{щ}}}{D} = \frac{0,20}{0,39} = 0,51,$$

$$\frac{E_{\text{щ}}^{\text{общ}}}{E_{\text{щ}}} = 0,43,$$

$$E_{\text{щ}}^{\text{общ}} = 0,43 \cdot 450 = 192 \text{ МПа.}$$

1.3) Асфальтобетон пористый.

$$\frac{E_{\text{щ}}}{E_{\text{а/б}}} = \frac{194}{1400} = 0,14,$$

$$\frac{h_{\text{а/б}}}{D} = \frac{0,07}{0,39} = 0,18,$$

$$\frac{E_{a/б}^{общ}}{E_{a/б}} = 0,17,$$

$$E_{a/б}^{общ} = 0,17 \cdot 1400 = 241 \text{ МПа.}$$

1.4) Асфальтобетон плотный.

$$\frac{E_{a/б}}{E_{a/б}} = \frac{266}{2400} = 0,11,$$

$$\frac{h_{a/б}}{D} = \frac{0,05}{0,39} = 0,14,$$

$$\frac{E_{a/б}^{общ}}{E_{a/б}} = 0,12,$$

$$E_{a/б}^{общ} = 0,12 \cdot 2400 = 282 \text{ Мпа.}$$

в) Определяем коэффициент прочности $K_{пр}$.

$$K_{пр} = \frac{282}{172} = 1,64$$

Требуемый коэффициент прочности дорожной одежды по критерию упругого прогиба определяем по справочнику [14, табл. 3.1]. Принимаем $K_{пр}^{тр} = 1,17$. Выбранная конструкция удовлетворяет условию прочности по допускаемому упругому прогибу.

4) Расчет конструкции по условию сдвигоустойчивости подстилающего грунта и малосвязных конструктивных слоев.

а) Выполняем расчет E_v с использованием таблицы (6.1).

$$E_{\text{с}} = \frac{(1200 \cdot 0,05 + 800 \cdot 0,07 + 450 \cdot 0,20 + 240 \cdot 0,30)}{0,62} = 448,38 \text{ МПа.}$$

б) Действующие активные напряжения сдвига.

Выполняем расчет T , используя справочник [14, рис. 3.2, рис 3.3] для определения $\tau_{\text{н}}$.

$$T = 0,02188 \cdot 0,6 = 0,013 \text{ МПа.}$$

в) Предельное активное напряжение сдвига в грунте рабочего слоя.

Рассчитаем $T_{\text{пр}}$ используя справочник [14, табл. П2.8, п. 3.35, табл. П2.4] для определения $c_N, k_{\text{д}}, j_{\text{ст}}$.

$$T_{\text{пр}} = 0,006 \cdot 1 + 0,1 \cdot 0,0017 \cdot 62 \cdot \text{tg}36^\circ = 0,014 \text{ МПа.}$$

г) Определяем коэффициент прочности $K_{\text{пр}}$.

$$K_{\text{пр}} = \frac{0,014}{0,013} = 1,08.$$

Требуемый коэффициент прочности дорожной одежды по критерию сдвигоустойчивости определяем по справочнику [14, табл. 3.1]. Принимаем $K_{\text{пр}}^{\text{тр}} = 1$. Выбранная конструкция удовлетворяет условию прочности по сдвигоустойчивости.

5) Сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе.

а) Приводим конструкцию к двухслойной модели.

Нижний слой $E_{\text{н}}$.

$$E_H = E_{\text{ш}}^{\text{общ}} = 192 \text{ МПа.}$$

Верхний слой E_B .

$$E_B = \frac{(3600 \cdot 0,05 + 2200 \cdot 0,07)}{0,12} = 2783,33 \text{ МПа.}$$

б) Расчетное растягивающее напряжение.

Вычисляем σ_r используя справочник [14, рис. 3.4, п. 3.40] для определения σ , k_B .

$$\sigma_r = 2,13 \cdot 0,6 \cdot 0,85 = 1,085 \text{ МПа.}$$

в) Предельное растягивающее напряжение.

Сначала вычисляем k_1 используя данные формулы (7.2) и справочник [ОДН, табл. П.3.1] для определения α .

$$k_1 = \frac{6,3}{\sqrt[4]{196425}} = 0,299.$$

Вычисляем R_N используя справочник [14, табл. П.3.1, прил. 4] для определения R_0 , k_2 , V_R , t .

$$R_N = 7,8 \cdot 0,299 \cdot 0,8 \cdot (1 - 0,1 \cdot 1,7) = 1,548 \text{ МПа.}$$

г) Коэффициент прочности $K_{\text{пр}}$.

$$K_{\text{пр}} = \frac{1,548}{1,085} = 1,42.$$

Требуемый коэффициент прочности дорожной одежды по критерию растягивающего напряжения определяем по справочнику [14, табл. 3.1]. Принимаем $K_{пр}^{тр} = 1$. Выбранная конструкция удовлетворяет условию прочности.

6) Морозоустойчивость.

Вычислим промерзание дорожной конструкции:

1) Рассчитаем α , используя [15, табл. 4] для определения V .

$$\alpha = 12\sqrt{1,8} = 16,10 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К.)}$$

Вычислим $R_{од}$, используя [14, табл. П5.1] для определения $\lambda_{од}$.

$$R_{од} = \frac{0,05}{1,4} + \frac{0,07}{1,25} + \frac{0,20}{1,39} + \frac{0,3}{2,10} + \frac{1}{16,10} = 0,44 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт.}$$

2) Вычислим $W_{нз}$, используя [15, п. 5.3] для определения $K_{нз}$, W_p .

$$W_{нз} = 0,25 \cdot 0,1 = 0,025 \text{ \%}.$$

Рассчитаем $i_{зм}$ без массопереноса, используя [15, п. 5.3] для определения W_0 , $\rho_{ск}$.

$$i_{зм} = \frac{(0,1 - 0,025)}{1000} \cdot 1660 = 0,125.$$

Рассчитаем $i_{зм}$ с учетом массопереноса, используя [15, п. 5.3] для определения W_0 , $\rho_{ск}$.

$$i_{зм} = \frac{(0,13 - 0,025)}{1000} \cdot 1660 = 0,174.$$

3) Вычислим $\theta_{min(o)}$ без массопереноса, используя [15, рис. 7, табл. 8] для определения $(\theta_{min(o)}/a_{темп})$, $a_{темп}$.

$$\theta_{min(o)} = -15,6 \cdot 0,75 = -11,7 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Вычислим $\theta_{min(o)}$ с учетом массопереноса, используя [15, рис. 7, табл. 8] для определения $(\theta_{min(o)}/a_{темп})$, $a_{темп}$.

$$\theta_{min(o)} = -15,6 \cdot 0,71 = -11,1 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

4) Вычислим $z_{пр}$ без массопереноса, используя [15, прил. 3, табл. 8, рис. 8, рис. 9] для определения $a_{пр}$, c , $A'_{пр}$, $B'_{пр}$, $A''_{пр}$, $B''_{пр}$, $a_{пон}$, $a_{зап}$, $\lambda_{гр(м)}$.

$$z_{пр} = 0,86 \cdot 1,1 \cdot 0,98 \cdot \left[0,72 \cdot 3,5 + 2,8 \cdot \left(1 - \frac{122}{146} \right) \cdot (0,75 \cdot 3,8 - 0,72 \cdot 3,5) \right] \cdot 1,28 + 0,62 = 3,79 \text{ м}.$$

Вычислим $z_{пр}$ с учетом массопереноса, используя [15, прил. 3, табл. 8, рис. 8, рис. 9] для определения $a_{пр}$, c , $A'_{пр}$, $B'_{пр}$, $A''_{пр}$, $B''_{пр}$, $a_{пон}$, $a_{зап}$, $\lambda_{гр(м)}$.

$$z_{пр} = 0,86 \cdot 1,1 \cdot 0,98 \cdot \left[0,70 \cdot 2,8 + 2,8 \cdot \left(1 - \frac{122}{146} \right) \cdot (0,73 \cdot 3,1 - 0,70 \cdot 2,8) \right] \cdot 1,45 + 0,62 = 3,44 \text{ м}.$$

Вычислим $l_{пуч ср}$ используя справочник [14, п. 4.6, рис. 4.3] для определения a , b , c , $l_{пуч ср 2,0}$.

$$l_{\text{пуч ср}} = 0,06 \cdot (1,08 + 0,08(3,79 - 2,5)) = 0,071 \text{ м.}$$

Рассчитаем $l_{\text{пуч}}$ используя справочник [14, рис. 4.1, табл. 4.4, табл. 4.5, табл. 4.6, рис 4.2] для определения $K_{\text{УГВ}}$, $K_{\text{пл}}$, $K_{\text{гр}}$, $K_{\text{нагр}}$, $K_{\text{гл}}$.

$$l_{\text{пуч}} = 7,1 \cdot 0,43 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 2,69 \text{ см.}$$

Допустимая величина пучения для облегченных асфальтобетонных покрытий 6 см. Значит дорожная одежда удовлетворяет требованиям морозоустойчивости.

6.6 Сравнение вариантов дорожной одежды

Для сравнения вариантов дорожной одежды были составлены локальные сметы на оба варианта, они приведены в приложении Б. В ходе сравнения сметная стоимость 2 варианта конструкции дорожной одежды, равная 12997,27 тыс. руб., оказалась меньше, чем 1 вариант, равный 13156,77 тыс. руб. Поэтому выбираем 2 вариант конструкции дорожной одежды.

7 Решение вопросов водоотвода

7.1 Система поверхностного водоотвода. Параметры кюветов

Ширину кюветов принимаем равной 0,5 м. Глубина кюветов от 0,3 до 1 м. На поперечных профилях 1 типа заложение откосов 1:3, на поперечных профилях 2 типа заложение откосов 1:1,5. Кюветы с продольным профилем от 0 до 20‰ без укрепления, от 20 до 30‰ засев трав, от 30 до 50‰ мощение, более 50‰ бетонные лотки.

7.2 Назначение водопропускных сооружений

На ПК36+20 размещаем трубу диаметром 2 м., так как там расположен временный водоток.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проект участка автомобильной дороги IV технической категории разработан с учетом местных условий, учтена глубина промерзания и оттаивания. Технические, качественные и технико-экономические показатели проектируемого участка соответствуют требованиям, предъявляемым к дорогам общего пользования IV категории.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Положение о государственной итоговой аттестации выпускников по программам бакалавриата, специалитета и магистратуры (ПВД ПГИАВ – 2016). Принято на заседании Ученого совета СФУ 25.01.2015 (протокол №1). – Красноярск, 2016.
2. СТО 4.2-07-2014 Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности. – Взамен СТО 4.2-07-2012; введ. 30.12.2013. – Красноярск: ИПК СФУ, 2014. – 60с.
3. ГОСТ Р 21.1101 – 2013 Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации. – Взамен ГОСТ Р 21.1101 – 2009; введ. с 11.06.2013. – Москва: Стандартинформ, 2013. – 55с.
4. ГОСТ 21.701-2013 – Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автомобильных дорог. Введ. с 11.06.2013. – Москва: Стандартинформ, 2014.
5. ГОСТ 21.302-2013 Система проектной документации для строительства. Условные графические обозначения в документации по инженерно-геологическим изысканиям. Введ. с 14.03.2013. – Москва. Стандартинформ, 2015.
6. География Иркутской области [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ru.meteotrend.com/city-article/5699/>
7. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция взамен СНиП 23-01-99*. Введ. с 01.01.2013. – Москва. Минстрой России, 2015.
8. Железногорск-Илимский: о городе [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.pribaikal.ru/gorod.html>
9. Гидрологические условия [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Илим_\(приток_Ангары\)\]](https://ru.wikipedia.org/wiki/Илим_(приток_Ангары))

10. Гавриленко, Т.В. Основы проектирования автомобильных дорог. Обоснование технических нормативов дороги [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://road-project.okis.ru/files/8/3/6/836/Osnovy_KP/2_Intensity.pdf
11. СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85*. Введ. с 01.06.2013. – Москва. Госстрой России, 2013.
12. Лекциопедия. Обоснование руководящих и контрольных отметок насыпи [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://lektsiopedia.org/lek-79005.html>
13. ВСН 84-89 Изыскания, проектирование и строительство автомобильных дорог в районах вечной мерзлоты. Введ. с 13.03.1989. – Москва. Минтрансстрой СССР, 1989.
14. ОДН 218.046-01 Проектирование нежестких дорожных одежд. Взамен ВСН 46-83. Введ. с 01.01.2001. – Москва. Транспорт, 2002.
15. Пособие к СНиП 2.05.02-85 Пособие по проектированию методов регулирования водно-теплового режима верхней части земляного полотна. Введ. с 31.08.87. – Москва. Стройиздат, 1989.
16. ТЕР 81-02-27-2001. Территориальные единичные расценки на строительные работы. Сб. № 27. Автомобильные дороги. – Красноярск: ООО «Корина-офсет», 2004. – 54 с.
17. ТСЦ 81-01-2001. I зона Красноярского края (г. Красноярск): территориальный сборник сметных цен на материалы, изделия и конструкции: в 5 ч. Ч.4. – Красноярск: ООО «Корина-офсет», 2003. – 102 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Ведомость углов поворота, прямых и кривых

[illegible]

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Ведомость отметок земли по оси дороги

Местоположение		Отметки земли, м	Вид точки
ПК	+		
0	00	601,00	Начало трассы
0	70	600,65	Начало ВК
1	00	600,50	ПК1
2	00	599,16	ПК2
3	00	596,31	ПК3
3	80	594,35	Конец ВК
3	90	594,10	Начало ВК
4	00	593,84	ПК4
5	00	590,45	ПК5
5	02	590,44	Конец ВК
5	47	590,04	Начало ВК
6	00	589,58	ПК6
7	00	589,84	ПК7
7	53,9	589,65	НК
8	00	589,48	ПК8
8	53	588,75	Конец ВК
9	00	588,10	ПК9
9	46	587,19	Начало ВК
10	00	586,12	ПК10
10	54	585,62	Конец ВК
11	00	585,19	ПК11
12	00	584,69	ПК12
13	00	582,94	ПК13

Продолжение приложения Б

13	01	582,93	Начало ВК
13	12,4	582,85	КК
13	73	582,20	Вершина ВК
14	00	581,92	ПК14
14	21	582,12	Конец ВК
14	47	582,37	Начало ВК
15	00	582,88	ПК15
16	00	583,16	ПК16
16	15	583,03	Вершина ВК
17	00	582,32	ПК17
17	55	582,36	Конец ВК
17	87	582,37	Начало ВК
18	00	582,38	ПК18
18	17	582,41	Вершина ВК
19	00	582,54	ПК19
19	13	582,77	Конец ВК
19	41	583,25	Начало ВК
20	00	584,28	ПК20
20	37	584,23	Вершина ВК
21	00	584,14	ПК21
22	00	582,32	ПК22
22	59	580,70	Конец ВК
23	00	579,58	ПК23
24	00	575,02	ПК24
25	00	572,10	ПК25
26	00	569,45	ПК26
27	00	565,55	ПК27

Продолжение приложения Б

27	43	564,22	Начало ВК
28	00	562,51	ПК28
28	48,6	561,01	НК
28	57	560,91	Конец ВК
29	00	559,43	ПК29
29	45	558,74	Начало ВК
30	00	557,90	ПК30
31	00	555,37	ПК31
32	00	551,28	ПК32
32	55	548,48	Конец ВК
33	00	546,20	ПК33
33	37	544,52	Начало ВК
34	00	541,67	ПК34
34	62	539,72	Конец ВК
35	00	538,57	ПК35
35	90	534,75	Начало ВК
36	00	534,18	ПК36
36	20	533,34	Труба
36	46	533,46	Вершина ВК
37	00	533,73	ПК37
37	46	536,70	Конец ВК
38	00	540,13	ПК38
38	50	543,17	Начало ВК
39	00	546,22	ПК39
40	00	550,90	ПК40
41	00	553,88	ПК41

Окончание приложения Б

41	50	555,56	Начало ВК Конец ВК
42	00	557,25	ПК42
43	00	560,64	ПК43
44	00	560,83	ПК44
44	50	562,06	Конец ВК
45	00	563,30	ПК45
45	40	564,54	Начало ВК
46	00	566,39	ПК46
46	60	567,70	Конец ВК
47	00	568,57	ПК47
48	00	573,12	ПК48
48	03,4	573,22	КК
48	70	575,17	Начало ВК
49	00	576,06	ПК49
50	00	578,71	ПК50
50	92	580,15	Вершина ВК
51	00	580,27	ПК51
51	94	579,28	Конец ВК
52	00	579,21	ПК52
52	20	578,92	Конец трассы

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Локальный сметный расчет №1

на устройство дорожной одежды для участка автомобильной дороги IV технической категории протяжённостью 5,22км

Сметная стоимость, тыс. руб.	13156,77
Нормативная трудоемкость, тыс. чел. ч.	21,91
Сметная заработная плата, тыс. руб.	400,19

Составлена в ценах 2001 г. (руб.)

№ п/ п	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат	Ед. изм.	Коли- чество, объем	Стоимость единицы, руб		Общая стоимость, руб			Трудоемкость, чел.ч	
					прямых затрат	Эксплуата- ции машин	прямых затрат	оплаты труда	эксплуатаци и машин	на едини цу	всего
					оплаты труда	в т.ч. оплаты труда			в т.ч. оплаты труда		
1	2	3	3а	4	5	6	7	8	9	10	11
1	27-01-001-02 К=1,5	Устройство нижнего слоя основания из супеси легкой, обработанной органическим вяжущим толщиной 20 см	1000 м²	76,17	14154,78	9748,50	1617254,39	18911,49	1113814,9	16,07	1836,08
					165,52	872,49			99686,34	59,33	6778,67

Продолжение приложения В

1	2	3	3а	4	5	6	7	8	9	10	11
2	(407-9085)	Супесь	м³	13939	90,83		1266089,36				
3	(101-1797)	Битумная	т	130	155420		201370,19				
4	27-06-018-01 К=2,5	Устройство верхнего слоя основания из черного щебня толщиной 6 см	1000 м²	42,54	40459,44	3082,06	4302861,44	51469,15	327777,08	45,83	4874,02
					483,96	253,63			10789,42	17,25	1834,20
5	27-06-020-06	Устройство покрытия из горячих асфальтобетонных смесей пористых крупнозернистых 2,5-2,9 т/м3 и более толщиной 4 см	1000 м²	36,54	43598,95	3006,47	1593105,63	15492,23	109856,41	38,30	1399,48
					423,98	288,47			10540,69	19,62	716,77
6	27-06-021-06 К=6	Изменение толщины горячего а/б покрытия на 0,5 см	1000 м²	36,54	5035,00	5,42	1103873,40	219,24	1188,28	0,09	19,73
					1,00						
7	27-06-020-01	Устройство покрытия из горячих асфальтобетонных смесей плотных мелкозернистых 2,5-2,9 т/м3 и более толщиной 4 см	1000 м²	36,54	45540,43	3015,10	1664047,31	15492,23	110171,75	38,30	1399,48
					423,98	288,92			10557,14	19,65	717,89
8	27-06-021-01 К=2	Изменение толщины горячего а/б покрытия на 0,5 см	1000 м²	36,54	5251,99	5,74	383815,43	73,08	419,48	0,09	6,58
					1,00						
9	МДС 81-35.2004	Итого прямых затрат					12132417,16	101657,41	1663227,88		9535,37
									131573,60		10047,53
10	МДС 81-35.2004	Поправка к заработной плате, 60%					139938,60	60994,45	78944,16		
11	МДС 81-35.2004	Итого прямых затрат с поправкой к заработной плате					12272355,76	162651,86	1742172,03		9535,37
									210517,75		10047,53

Продолжение приложения В

1	2	3	3а	4	5	6	7	8	9	10	11
12	МДС 81-33.2004 прил. 4, пункт 21	Накладные расходы, 142%					529900,85				
13	МДС 81-35.2004	Сметная заработная плата рабочих, выполняющих работы, учитываемые накладными расходами, 5,1%						27024,94			
14	МДС 81-35.2004	Нормативная трудоемкость рабочих, выполняющих работы, учитываемые накладными расходами, 0,0044%									2331,56
15		Себестоимость СМР					12802256,61				
16	МДС 81-25.2001 прил. 3, пункт 21	Сметная прибыль, 95%					354511,13				
17		Сметная стоимость					13156767,74				
16		Нормативная трудоемкость всего по смете									21914,46
17		Зарплата всего по смете						400194,56			

Продолжение приложения В

Локальный сметный расчет №2

на устройство дорожной одежды для участка автомобильной дороги IV технической категории протяжённостью 5,22км

Сметная стоимость, тыс. руб. 12997,27
 Нормативная трудоемкость, тыс. чел. ч. 19,24
 Сметная заработная плата, тыс. руб. 354,57

Составлена в ценах 2001 г. (руб.)

№ п/ п	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат	Ед. изм.	Коли- чество, объем	Стоимость единицы, руб		Общая стоимость, руб			Трудоемкость, чел.ч	
					прямых затрат	Эксплуата- ции машин	прямых затрат	оплаты труда	эксплуатаци и машин	на едини цу	всего
					оплаты труда	в т.ч. оплаты труда			в т.ч. оплаты труда		
1	2	3	3а	4	5	6	7	8	9	10	11
1	27-04-003-02 К=2,5	Устройство нижнего слоя основания из ПЩС С6 толщиной 12 см	1000 м ²	80,89	3036,76	2771,52	614108,79	49241,79	560470,63	25,74	5205,27
					243,50	278,36			56291,35	18,93	3827,81
4	(408-9181)	Песчано-щебеночная смесь	м ³	30738	164,11		5044446,00				
4	27-04-006-02	Устройство верхнего слоя основания из фракционированного щебня толщиной 15 см	1000 м ²	42,80	29738,41	5982,76	1272803,95	14705,65	256062,13	36,63	1567,76
					343,59	629,41			26938,75	42,80	1831,83

Продолжение приложения В

1	2	3	3а	4	5	6	7	8	9	10	11
4	27-04-006-04 К=5	Изменение толщины слоя на 1 см	1000 м²	42,80	1709,94	300,13	365927,16		64227,82		
						33,13			7089,82	2,25	482,11
5	27-06-020-016	Устройство покрытия из горячих асфальтобетонных смесей пористых крупнозернистых 2,5-2,9 т/м3 и более толщиной 4 см	1000 м²	36,54	43598,95	3006,47	1593105,63	15492,23	109856,41	38,30	1399,48
					423,98	288,47			10540,69	19,62	716,77
6	27-06-021-06 К=6	Изменение толщины горячего а/б покрытия на 0,5 см	1000 м²	36,54	5035,00	5,42	1103873,40	219,24	1188,28	0,09	19,73
					1,00						
7	27-06-020-01	Устройство покрытия из горячих асфальтобетонных смесей плотных мелкозернистых 2,5-2,9 т/м3 и более толщиной 4 см	1000 м²	36,54	45540,43	3015,10	1664047,31	15492,23	110171,75	38,30	1399,48
					423,98	288,92			10557,14	19,65	717,89
8	27-06-021-01 К=2	Изменение толщины горячего а/б покрытия на 0,5 см	1000 м²	36,54	5251,99	5,74	383815,43	73,08	419,48	0,09	6,58
					1,00						
9	МДС 81-35.2004	Итого прямых затрат					12089700,56	95224,22	1102466,66		9598,31
									111417,75		7576,41
10	МДС 81-35.2004	Поправка к заработной плате, 60%					123985,18	57134,53	66850,65		
11	МДС 81-35.2004	Итого прямых затрат с поправкой к заработной плате					12213685,74	152358,75	1169317,31		9598,31
									178268,40		7576,41
12	МДС 81-33.2004 прил. 4, пункт 21	Накладные расходы, 142%					469490,55				
13	МДС 81-35.2004	Сметная заработная плата рабочих, выполняющих работы, учитываемые накладными расходами, 5,1%						23944,02			
14	МДС 81-35.2004	Нормативная трудоемкость рабочих, выполняющих работы, учитываемые накладными расходами, 0,0044%									2065,76
15		Себестоимость СМР					12683176,29				

Окончание приложения В

1	2	3	3а	4	5	6	7	8	9	10	11
16	МДС 81-25.2001 прил. 3, пункт 21	Сметная прибыль, 95%					314095,79				
17		Сметная стоимость					12997272,08				
16		Нормативная трудоемкость всего по смете									19240,47
17		Зарплата всего по смете						354571,17			